EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNGEN

ÜBER DEN

UMFANG DER STÄRKEVERDAUUNG

IM MUND UND MAGEN DES MENSCHEN BEI BROTGENUSS.

(AUS DEM LABORATORIUM DES HERRN PRIVATDOCENTEN **Dr. J. MÜLLER, WÜRZBURG.**)

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND DER

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

DER

KGL. BAYER. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

VORGELEGT VON

HERMANN DAUBER

AUS

REHBORN.

ACAD. MED BIBL. WÜRZ

WÜRZBURG.

BUCHDRUCKEREI A. BORST.

1901.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Würzburg.

Referent: **Herr Geheimrat Prof. Dr. v. Leube.**

SEINEN GESCHWISTERN GEWIDMET.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549807_0236

In zweierlei Richtung ist der Mundspeichel für die Verdauung von Bedeutung, und zwar in physikalischer und chemischer Beziehung. Die physikalischen Leistungen des Mundspeichels bestehen darin, dass die mehr oder weniger trockenen Speisen während des Kauaktes vollständig durchfeuchtet werden und so, genügend schlüpfrig gemacht, leicht den ersten Teil des Verdauungskanales hinabgleiten. Dass thatsächlich bei ungenügender Befeuchtung des Bissens der Schluckakt erschwert oder gar unmöglich ist, beweist die klinische Beobachtung bei Atropinintoxikation, wo infolge Versiegens der Speichelsekretion Schluckunfähigkeit sich geltend macht. Andererseits spricht dafür, in negativem Sinne, die biologische Thatsache, dass Tiere, die ihre Nahrung im Wasser aufnehmen, wie z. B. die Wale, wo also dieses physikalische Moment wegfällt, überhaupt keine Mundspeicheldrüsen besitzen. Weiter wirkt der Speichel vermöge seines hohen H_2O-Gehaltes (derselbe beträgt etwa 99,5 %) auf die löslichen Stoffe, indem er dieselben in Lösung überführt und so eine Resorption derselben ermöglicht. Durch diese gelösten Nahrungsbestandteile werden aber auch die Nervenendigungen der Geschmacksnerven in der Mundhöhle gereizt, es kommt zur Geschmacksempfindung, und wie zahlreiche Versuche bewiesen haben, auf reflektorischem Wege zu einer Anregung der Sekretion der Verdauungssäfte.

Diesen physikalischen Leistungen stehen die chemischen gegenüber. Vermöge seines Gehaltes an $NaHCO_3$ und CO_2 vermag der Speichel den Säure- oder Alkalescenzgrad der Speisen etwas abzustumpfen. Weit wichtiger ist die Eigenschaft, die durch

die Nahrung zugeführten ungelösten Kohlehydrate in gelöste Form zu überführen. Das wirksame Princip ist das im Speichel enthaltene diastatische Ferment, das Ptyalin. Die Endprodukte dieses Fermentes sind hauptsächlich die Maltose und in geringem Masse die Dextrose. Bei dem Uebergange von Amylum in Maltose sind verschiedene Zwischenstufen zu trennen, die sich durch ihr Verhalten gegenüber Jod-Jodkali unterscheiden, die sogenannten Dextrine. Während das Amylodextrin noch die gleiche Farbenreaktion (Blaufärbung) wie die Stärke selbst gegenüber Jod hat, stehen das Erythrodextrin und Achroodextrin schon ferner; dieselben zeigen, wie schon der Name sagt, auf Jodzusatz rotbraune Farbe, resp. keine Farbenreaktion mehr. Von dem Achroodextrin gibt es mehrere Modifikationen, die allmählich zur Maltose überführen, und von diesen reduzieren die der Maltose nahestehenden Formen Fehlingsche Lösung schon in geringem Grade, während die übrigen Dextrine nicht reduzieren. Dextrine und Maltose unterscheiden sich dagegen wieder von der Dextrose dadurch, dass sie etwa dreimal so stark die Ebene des polarisierten Lichtes nach rechts drehen.

Die Menge der durch den Mundspeichel innerhalb des Organismus in gelöste Form übergeführten Kohlehydrate war man auf Grund von Versuchen, auf die später noch näher eingegangen werden soll, geneigt, für ziemlich gering zu halten. Man legte den physikalischen Eigenschaften des Speichels nur Bedeutung bei, die chemischen hielt man für mehr oder weniger bedeutungslos. So ist Neumeister [1]) der Ansicht: „Der Mundspeichel könnte wohl infolge seines Ptyalingehaltes die Stärke und das Glykogen verändern, aber die Zeit seiner Einwirkung während des Kauens ist viel zu kurz für eine in Betracht kommende Zuckerbildung, denn sobald die stärkehaltigen Speisen in den Magen befördert sind, hört die Einwirkung des Ptyalins schnell auf, weil sie durch den sauren Magensaft sistiert wird. Säuren von einigermassen erheblicher Concentration zerstören nämlich das Ptyalin. Daher erklärt es sich, dass selbst nach reichlichem Genuss von Stärkekleister nur Spuren von Zucker im Magen vorhanden sind. Die chemische Funktion des Speichels ist also beim Menschen ganz unwesentlich.“

[1]) Neumeister, Lehrbuch der physiol. Chemie, 2. Aufl. 1897. S. 287.

Aehnlich äussert sich Gamgee [1]) über diese Frage. Neumeisters Ansicht gründet sich hauptsächlich auf die Veröffentlichungen von Brücke [2]) sodann von Ewald und Boas [3]). Der erste Autor hatte bei Hunden nach reichlicher Fütterung mit Stärke nur geringe Mengen von Zucker im Mageninhalt gefunden, dagegen bedeutendere Mengen von Amylo- und Erythrodextrin, er macht jedoch keine näheren Angaben über die Quantität desselben. Aus den Resultaten dieser Versuche Schlüsse auf die Stärkeverdauung beim Menschen machen zu wollen, ist deshalb schon nicht angängig, weil der Speichel des Hundes wie derjenige aller Carnivoren kein Ptyalin enthält. Ewald's und Boas's Versuche sind schon mehr in Betracht zu ziehen, da dieselben am Menschen ausgeführt wurden. Sie gaben den Versuchspersonen 1—2%igen Stärkekleister und bestimmten dann an dem nach verschieden langer Zeit exprimierten Mageninhalt den Gehalt an Zucker durch Titration nach Fehling. Sie fanden, dass „die Menge der aus dem Amylum gebildeten reduzierenden Substanz nie eine erhebliche ist und nicht 0,5 % überschreitet, sogar in den meisten Fällen erheblich dahinter zurückbleibt". Bei einer genaueren Analysierung der reduzierenden Substanz fanden sie, dass aus der eingebrachten Stärke Traubenzucker entweder gar nicht oder nur in verschwindend geringen Mengen innerhalb der ersten 30 Minuten im Magen gebildet wurde, und dass die reduzierende Substanz in der Hauptsache aus Achroodextrin und Maltose bestand. Aus manchen Gründen sind jedoch diese von Ewald und Boas gefundenen Resultate nicht sehr beweiskräftig. Denn erstens kann man von einem geringen Reduktionsvermögen des Mageninhaltes gegenüber Fehling'scher Lösung nicht auf eine mangelhafte Amylolyse schliessen, weil bei dem Abbau des Amylums reichlich Dextrine gebildet worden sein können, die gar kein oder in den der Maltose nahestehenden Formen ein sehr geringes Reduktionsvermögen besitzen, die aber, weil sie gelöst und damit

---

[1]) Gamgee, Physiol. Chemie d. Verdauung. 1897. Uebers. v. Asher u. Beyer. S. 9.

[2]) Brücke, Studien über die Kohlehydrate und die Art, wie sie verdaut und aufgesaugt werden. Sitzungsber. der math.-naturw. Cl. d. K. Akademie d. Wissensch. z. Wien. Bd. 65. 1872, III. S. 147.

[3]) Ewald u. Boas, Beiträge zur Physiologie u. Pathologie der Verdauung II. Virchows Archiv, Bd. 104, 1886.

resorptionsfähig sind, bei der Betrachtung der amylolytischen Kraft des Mundspeichels sehr in's Gewicht fallen. Zweitens ist es leicht erklärlich, dass bei den angeführten Versuchen von einer starken Amylolyse nicht die Rede sein konnte, da durch die ganze Versuchsanordnung eine kräftige Ptyalinwirkung ausgeschlossen war. Während gewöhnlich beim Genuss der Speisen entweder auf reflektorischem Wege durch angenehmen Geschmack die Speichelsekretion vermehrt wird, oder auf rein mechanischem Wege durch den Kauakt, kommen diese beiden Momente hier gar nicht in Betracht, da den Versuchspersonen ein geschmackloser, dünnflüssiger Stärkekleister verabreicht wurde. Jedenfalls ist es nicht erlaubt, sichere Schlüsse aus diesen Versuchen auf die Grösse der Amylolyse bei unserer gewohnten Kohlehydratnahrung zu ziehen.

Neumeisters Anschauung, dass die Amylolyse im Mund und Magen fast gleich Null sei, basiert weiterhin auf der Annahme, dass die Zeit der Einwirkung des Ptyalins während des Kauens viel zu kurz für eine in Betracht kommende Zuckerbildung sei, und dass, sobald die stärkehaltigen Speisen in den Magen gelangen, die Ptyalinwirkung rasch aufhöre, weil sie durch den sauren Magensaft sistiert werde. Was den ersten Einwurf betrifft, so ist derselbe vollständig widerlegt durch die Untersuchungen von Müller und Weinstein [1]) sowie diejenigen von K. B. Lehmann und Gaudenz [2]). Die ersteren fanden bei im Reagenzglase angestellten Versuchen, dass bei Einwirkung des diastatischen Fermentes während 5 min 42 %, und während 1 min 24 % der Trockensubstanz des Brotes in Lösung gingen. Später fanden auch Lehmann und Gaudenz gelegentlich von Untersuchungen über die Zerkleinerung von Speisen beim Kauakte, dass z. B. beim Kauen von Maccaroni während 30 sec, die genügten, um das Gefühl der Schluckbarkeit des Bissens hervorzubringen, 30 % der Trockensubstanz der Maccaroni in Lösung gegangen waren.

---

[1]) Weinstein, Experiment. Untersuchungen über die Bedeutung des menschlichen Mundspeichels für die Verdauung im Magen. Inaug. Diss. Würzburg 1899.

[2]) K. B. Lehmann, Ueber Zerkleinerung und Auflösung der Speisen beim Kauen. Sitz.-Ber. der phys.-med. Gesellsch. Würzburg 1900 No. 3. Gaudenz, desgl., Archiv für Hygiene, 39. Bd., 3. Heft 1901.

Der zweite Einwurf Neumeisters ist ebenfalls nicht für die meisten Fälle zutreffend, da normalerweise der nüchterne Magen überhaupt keine Salzsäure enthält. Es kann also auch nicht von einer sofortigen Sistierung der Diastase nach Hinabgelangen des Bissens in den Magen die Rede sein. Im Gegenteil, die zuerst abgeschiedene Salzsäure wird zur Neutralisation des alkalischen Speichels, sodann weiterhin zur Bindung des Eiweisses und seiner Verdauungsprodukte verwandt. Diese Säure-Eiweiss-Verbindungen reagieren zwar sauer, beeinträchtigen aber, wie schon oft konstatiert, die Wirkung des diastatischen Fermentes bedeutend schwächer als freie HCl von gleicher Concentration, und hindern, wie Müller und Weinstein feststellten, zunächst nur die Bildung der Dextrose und Maltose, nicht aber jene der Dextrine. Erst wenn keine Salzsäure mehr chemisch gebunden wird, tritt freie Salzsäure auf, die dann endlich der Diastase ein Ende macht. Van den Velden [1]) hat deshalb die Magenverdauung in zwei Stadien eingeteilt, das Stadium amylolyticum, während dessen keine freie Salzsäure vorhanden ist und das Ptyalin noch wirkt, und das Stadium proteolyticum, während dessen das Eiweiss unter Einwirkung des Pepsins und der Salzsäure verdaut wird.

Um über die Höhe der Amylolyse Klarheit zu bekommen, ist Strauss [2]) in anderer Weise vorgegangen. Derselbe hat den Mageninhalt nach Genuss von Probefrühstück oder Probemahlzeit u. s. w. auf rechtsdrehende Substanz untersucht. So fand er nach dem P. F. bei normaler Magensaftsekretion Werte, die Dextroselösungen von 2—12%, meistens 4—6% entsprachen. Bei Subacidität stiegen die Werte bis zu 32%, während sie bei Superacidität und Supersekretion geringer als die Norm waren. Die Werte, die Strauss bei der wenig Amylum und viel Eiweissstoffe enthaltenden P. M. erhielt, waren entsprechend niedriger; Schwankungen in der HCl-Sekretion bedingten dieselben Veränderungen wie beim Probefrühstück. Da Strauss in seiner Arbeit kurzweg von Prozenten rechtsdrehender Substanz spricht, so dürfte sich dies auf Dextroselösungen beziehen. Da aber einerseits die Produkte der Amylolyse in der Hauptsache aus Dextrinen und Maltose

[1]) Van den Velden, Zur Lehre von der Wirkung des Mundspeichel im Magen. Zeitschrift für phys. Chemie. Bd. III. p. 205.

[2]) Strauss, Ueber das spez. Gewicht und den Gehalt des Mageninhalts an rechtsdrehender Substanz etc. etc.. Zeitschrift f. klin. Medizin Bd. 29, 1896.

bestehen, andererseits diese die Ebene des polarisierten Lichtes etwa 3mal stärker nach rechts drehen als Dextrose, so wird man den Gehalt der Mageninhalts-Filtrate an diesen Substanzen annähernd richtig erhalten, wenn man die gefundenen Werte, also 4—6 % durch 3 dividiert. Strauss hätte demnach also als Durchschnittswert 1,3—2,0 Gewichtsprozente Kohlehydrate im Mageninhalte gelöst gefunden.

Dass diese Werte recht unsicher sind, geht schon aus der Ueberlegung hervor, dass es vollständig unkontrollierbar ist, wie stark die löslichen Produkte der Amylolyse durch Magensaft oder genossene Flüssigkeiten verdünnt worden sind.

Im Folgenden soll nun über eine Reihe von Versuchen und die durch sie gewonnenen Resultate berichtet werden; diese Versuche sind nach einer ganz neuen Methode ausgeführt worden. Herr Privatdozent Dr. J. Müller hatte im Laufe der letzten Jahre zuerst Herrn Dr. Hensay und dann mich über diese Frage arbeiten lassen. Die Arbeit Hensays soll demnächst a. a. O. erscheinen, es möge mir jedoch des Zusammenhanges halber gestattet sein, auf die Versuchsanordnung und die erhaltenen Resultate in kurzem einzugehen. Müller war bei dieser neuen Methode von der Ueberlegung ausgegangen, dass eine einigermassen sichere Bestimmung des Umfanges der Amylolyse nur dann möglich sei, wenn man in dem ausgepressten Mageninhalte die gelösten und die ungelösten Kohlehydrate bestimme. Die Annahme, dass, wenn man in dem Ausgepressten eine bestimmte Höhe der Amylolyse konstatiert hat, die Amylolyse in der Gesamtmasse der genossenen Kohlehydrate ebensoweit vorgeschritten ist, könnte nur in dem einen Falle irrig sein, wenn die Lösung der Stärke im Magen sehr langsam vor sich ginge, wenn also zur Zeit der Expression der Mageninhalt sich in einem vorgeschrittenerem Stadium der Verdauung befände als Chymusmassen, die schon vor der Expression den Magen verlassen haben. Es wären dann die für gelöste Kohlehydrate gefundenen Werte zu hoch. Die Versuche haben jedoch gezeigt, dass sehr rasch, längstens 15 min nach Genuss der Mahlzeit das Maximum der Stärkeverdauung gefunden wird.

Vielfach sind die gefundenen Werte im Gegenteil zu niedrig gegriffen, weil ein Teil der gelösten Kohlehydrate bis zur Expression

von der Magenwand resorbiert oder durch den Pylorus in den Darm weiter gegangen sein können. Die Resorption durch die Magenwand, wie sie v. Mering u. a. [1]) nachgewiesen haben, kommt hier weniger in Betracht, da an sich schon das Resorptionsvermögen gering ist, und es sich hier nur um schwache Zuckerlösungen handelt. Viel wichtiger ist die Thatsache, dass der Pylorus während der Magenverdauung nur gelösten und feinbreiigen Chymus in das Duodenum übertreten lässt, und die gröberen Massen solange zurückbehält, bis eine weitere Lösung nicht mehr erfolgt. [2]) So kommt es, wie bei den Versuchen fast immer konstatiert werden konnte, dass die höchsten Werte zu Anfang gefunden werden, und später sich das Verhältnis der gelösten zu den ungelösten Kohlehydraten zu Ungunsten der ersteren ändert. Durch diese Methode lassen sich also keine absoluten Werte, dagegen aber das Minimum der stattgehabten Kohlehydratverdauung feststellen.

Was nun die Versuche Hensay's betrifft, so war den Versuchspersonen morgens nüchtern ein wohlschmeckender aus Mehl, Butter, Fleischbrühe und Fleischextrakt bereiteter Brei gegeben worden, der wenig auf mechanischem Wege, dagegen wohl in der Hauptsache vermittelst Wirkung auf die Geschmacksnerven die Speichelsekretion anregte. Nach einer bestimmten Zeit (30—45 min) wurde der Brei durch die Schlundsonde wieder exprimiert, ein kleiner Teil zur Bestimmung des Säuregehaltes reserviert, das Uebrige sofort mit einer geringen Menge officineller HCl versetzt, um eine weitere Wirkung des Fermentes auszuschalten. Die

[1]) v. Mering, Verhandlungen des XII. Kongresses f. innere Medizin, 1893.
Moritz, ibidem
Tapeiner, Zeitschrift für Biologie Bd. 16.
Brandl, Zeitschrift für Biologie Bd. 29.

[2]) Hofmeister und Schütz, Archiv für experiment. Path. und Pharmakologie Bd. 20.
Hirsch, Centralblatt für innere Medizin 1892.
F. Moritz, Verhandlungen der 65. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte 1893.
W. B. Cannon, The movements of the stomach. Americ. Journal of Physiology Vol I. 1898.
Kelling, Zur Chirurgie d. chronischen nicht maligren Magenleiden; Archiv f. Verdauungskr. 1900.

gelösten Kohlehydrate wurden nun von den ungelösten durch Filtration und Durchwaschen des Filterrückstandes mit salzsaurem Wasser getrennt, und jedes für sich invertiert. Die dann sämtlich in Dextrose übergeführten Kohlehydrate wurden mit Fehling'scher Lösung (jodometrische Methode) bestimmt. Auf diese Weise gelangte Hensay zu dem Ergebnisse, dass von den im Brei genossenen Kohlehydraten 60—80 % in Lösung gegangen waren. Da aber der Mehlbrei an sich, wie durch Analysen festgestellt worden war, schon 10—30 % der Gesamtstärke in Lösung enthielt, muss dies vom Resultate abgezogen werden.

Bei meiner etwas grösseren Versuchreihe wurde die Methode in mancher Beziehung modifiziert. Wir wollten uns über den Umfang der Amylolyse bei Genuss von Brod orientieren und verwendeten deshalb das Ewald-Boas'sche Probefrühstück, bestehend aus einem Semmel und ein bis zwei Tassen ungezuckerten Thees. Es sollte durch die doch immerhin ziemlich geschmacklose Speise eine Speichelsekretion auf mechanischem Wege durch den Kauakt angeregt werden. Nach bestimmten Zeiten wurde die Sonde eingeführt und der Speisebrei exprimiert. Ein Teil des gut vermischten Chymus wurde zur Aciditäts-Bestimmung, sowie zur Bestimmung des Gehalts an rechtsdrehender Substanz und zur Jodreaktion verwandt, ein zweiter Teil, der für die Analyse bestimmt war, wurde sofort mit einer entsprechenden Menge HCl versetzt, um eine weitere Wirkung des Ptyalins auszuschliessen. Zur Analyse wurden je nach dem vorhandenen Material 15—50 ccm, gewöhnlich 30 ccm, Speisebrei benutzt; von dem durch Wasser verdünnten Chymus (vergl. Vers. 13, 16, 17, 19) wurden regelmässig 50 ccm zur Analyse verwandt. Eine Trennung der gelösten von den ungelösten Kohlehydraten wurde nun derart durchgeführt, dass der mit Salzsäure versetzte Chymus zentrifugiert wurde; die mehr oder weniger klare obere Flüssigkeitsschicht wurde in ein Filter abgegossen, die am Boden der Centrifugengläser sich niedersetzenden gröberen Teile des Chymus von neuem mit Wasser, das $^1/_2$ % Salzsäure enthielt, aufgerührt, wieder zentrifugiert und abgegossen. Dieses Verfahren wurde noch 3 mal wiederholt. Auf diese Weise wurden sicher alle gelösten Kohlehydrate von den ungelösten getrennt, denn das 4. Waschwasser enthielt, so oft untersucht wurde, nie

mehr invertierbare Substanz, die durch die Trommersche Probe hätte nachgewiesen werden können. — In den ersten Versuchen hatten wir, um das Filtrieren zu beschleunigen, unter der Luftpumpe abgesaugt; da aber in diesen Fällen das Filtrat nicht ganz klar war, wurde später darauf verzichtet; das Filtrat war dann ganz klar und opalisierte nur noch leicht. — Es wurde sodann sowohl das Filtrat als auch der Rückstand inclusive des geringen Filterrückstandes, der sorgfältig mit destilliertem Wasser abgespült wurde, auf 100—200 ccm aufgefüllt, nachdem — 2% HCl zugesetzt worden war. Die beiden Flüssigkeiten wurden nun im Druckkölbchen 2 Stunden lang einer Temperatur von 108—110° im Kochsalzbade ausgesetzt, worauf alle Kohlehydrate in Dextrose übergegangen waren. Um nachzuweisen, dass dies thatsächlich der Fall war, kochten wir einmal 3 Stunden, das andere Mal 6 Stunden im Wasserbade, bei einer anderen Gelegenheit 2 und 4 Stunden im Kochsalzbade, der Dextrosegehalt wurde jedoch in den Flüssigkeiten nicht mehr höher. Ebenso wurde bei einem Filtrat, das bei einem Gehalte von 2% HCl 2 Stunden im Kochsalzbade invertiert und hierauf polarisiert worden war, festgestellt, dass sich der Dextrosegehalt nach weiterem Zusatz von 2% HCl und weiterem 2 stündigen Invertieren nicht mehr erhöht hatte. Dadurch war also nachgewiesen, dass ein Gehalt von 2% HCl und 2stündiges Kochen im Kochsalzbade genüge zur Ueberführung aller Kohlehydrate in Dextrose. Nach dem Abkühlen wurden regelmässig Filtrat und Rückstand, die vollständig klar, und gewöhnlich nur leicht gelblich gefärbt waren, zuerst nachgemessen, um festzustellen, dass nichts eingedampft war, ev. auf ein rundes Quantum gebracht, dann filtriert und der Dextrosegehalt im Halbschattenapparate bestimmt. Obwohl dazu ein Apparat benutzt wurde, der bei einiger Uebung die genaue Ablesung von $^1/_{20}$% gestattete, wurden doch regelmässig 10 Ablesungen gemacht, um Fehler sicher zu vermeiden. Aus dem Verhältnisse der gelösten zu den ungelösten Kohlehydraten wurde prozentualiter die Menge der im Magen gelösten, also verdauten Kohlehydrate berechnet.

Bei jedem Versuch wurde auch regelmässig der Gesamtsäuregehalt und der Gehalt an freier Salzsäure bestimmt. Als Indikator wurde zu ersterem Phenolphtalëin, zu letzterem das

Günzburg'sche Reagenz verwandt. Ausserdem wurde das Filtrat immer polarisiert, um den Gehalt an rechtsdrehender Substanz festzustellen, und ebenso wurde die Jodreaktion gemacht. Um für die beiden letzten Fälle jede Fehlerquelle auszuschliessen, wurde später der dafür reservierte Teil des ausgepressten Speisebreies ebenfalls sofort mit einigen Tropfen offizineller HCl versetzt, um auch hier die Wirkung des Ptyalins zu sistieren. Die Jodprobe wurde sowohl mit dem unverdünnten Magensaftfiltrate, als auch mit dem stark verdünnten ausgeführt, da bei der ausserordentlichen Feinheit der Probe Farbenunterschiede am verdünnten Filtrate deutlicher zum Vorschein kamen. Die mit der beschriebenen Methode erhaltenen Resultate sind in der nachfolgenden Tabelle verzeichnet.

Tabelle I siehe Seite 16, 17.

Um ganz sicher zu sein, dass die Methode unzweideutige Resultate liefert, wurden zweimal Controllanalysen an demselben Speisebrei ausgeführt. (Vergl. Versuch 4, 4a; 5, 5a). Die gefundenen Resultate differierten bei diesen Parallelversuchen höchstens um 1%, was sicher innerhalb der Fehlergrenzen liegt.

Einen Vorwurf könnte man noch der Methode machen, dass der Speisebrei nämlich keine homogene Masse sei, dass es daher nie sicher sei, ob bei der Expression das eine Mal mehr gelöste Kohlehydrate, das andere Mal mehr ungelöste zum Vorschein kämen. Der Vorwurf besteht jedenfalls vollkommen zu Recht, und um die Grösse dieser Fehlerquelle zu bestimmen, wurde mehrere Male nur ein kleiner Teil des Chymus ausgepresst, der Rest aber mit etwas Wasser, das wir öfters durch das Schlundrohr in den Magen und wieder zurücklaufen liessen, ausgehebert. Es zeigte sich, dass bei den Vergleichsbestimmungen in dem exprimierten und dem ausgeheberten Teile des Chymus die Resultate in 3 Fällen entweder gar nicht oder nur um 1% differierten, und zwar in den Fällen, wo es sich noch um eine grössere Menge Speisebreies handelte. (s. Vers. 16, 17.); in zwei anderen Fällen dagegen, wo die Speisemenge im Magen nur mehr gering war, betrug die Differenz bis zu 10% (s. Vers. 13, 19.). Es erklärt sich wohl daraus, dass bei nur geringem Mageninhalte ein kleiner Brodbröckel, mehr oder weniger schon einen ziemlich grossen Aus-

schlag gibt. Der Versuchsfehler ist jedenfalls nicht sehr hoch anzuschlagen, am wenigsten in den Fällen, wo das Brod langsam und gründlich gekaut worden ist, wo grössere Brodbröckel, wie wir konstatieren konnten, fast nie in den Magen gelangen. Etwas grösser dürfte der Versuchsfehler sein in den Fällen, wo wir das Brödchen absichtlich sehr rasch kauen liessen, und wo auch grössere Brotstückchen geschluckt wurden. Darauf soll später noch etwas näher eingegangen werden.

Was nun die durch die Versuchsserie erhaltenen Resultate betrifft, so zeigt sich, dass in Uebereinstimmung mit Hensays Versuchen Kohlehydrate in viel höherem Masse in Mund und Magen verdaut werden, als man seither annahm, dass aber die Werte im Gegensatz zu Hensay, wo Schwankungen nur zwischen 60 und 80% Lösung vorkommen, bedeutenderen Schwankungen unterworfen sind. Bei meinen Versuchen bewegen sich die erhaltenen Werte hauptsächlich zwischen 20 und 90%, nur vereinzelt sind die angegebenen Grenzen nach unten oder oben hin überschritten; in einem einzigen Falle fanden sich überhaupt keine ungelösten Kohlehydrate mehr, es waren also 100% verdaut worden.

Wenn wir nach dem Grunde forschen, warum bei der Verdauung des Brotes sich so bedeutende Differenzen in dem Umfange der Amylolyse finden, während doch die Resultate in der Breiverdauung fast konstante sind, so kommen zwei Umstände in Betracht. Von grosser Wichtigkeit ist es, wieviel Zeit seit Genuss der Mahlzeit bis zur Expression verstrichen ist. Hensay hatte regelmässig nach 30 min, in einem einzigen Falle nach 45 min, exprimiert, wir hatten dagegen sehr variiert, und zwar zwischen 5 und 80 min. Dabei fand sich, dass fasst ausnahmslos der Satz gilt, dass der Prozentsatz an gelösten Kohlehydraten um so kleiner wird, je später exprimiert wird. So war bei derselben Person sofort nach Genuss des P. F. (5 min) ein Teil exprimiert worden und nach 60 min der noch vorhandene Rest (s. Vers. 20a, 20b). In der ersten Portion fanden sich 63%, in der zweiten 19% Kohlehydrate gelöst. In einem zweiten Falle waren nach 5 min 50%, nach 60 min 9% gelöst (s. Vers. 31a, 31b.), in einem dritten Falle nach 5 min 57%, nach 60 min 25% (s. Vers. 26a, 26b). Eine einzige Ausnahme macht der Versuch 33a, 33b, bei

Tabelle I.

a) Gesunde.

Vers. No.	Name	Expression nach Minuten	Acidität (Indicator Phenolphtalein)	Freie Salzsäure (Günzburg) %	Rechtsdrehung als % Dextrose	Jod-Reaktion	Proc. gelöste Kohlehydrate	Bemerkungen
10	Schippel	30	32	—	9,7	schwach rotbr.	77	
14	Ditter	60	62	0,04	7,2	—	59	Hock zeigte trotz Subacidität keine Verdauungsstörungen, und war, wenn auch schwächlich, gesund.
9	Hock	45	3	—	11,0	—	88	
11	„	45	3	—	19,6	—	91	
22	„	10	—	—	10,4	—	100	Der invert. Rückst. optisch inaktiv; Trommersche Probe ebenfalls negativ.
35	„	15	—	—	13,2	schwach rotbr.	84	Langsam gekaut (12 min)
36	„	30	4	—	23,8	„ „	84	Langsam gekaut (12 min)
37	„	10	—	—	13,2	rotbraun	88	Rasch gekaut (5 min)
39	„	15	—	—	6,4	—	94	Langsam gekaut (15 min)
15	Schumann	30	46	0,07	16,2	intensiv rotbr.	54	
16	„	35	62	0,15	2,1	rotbraun	50	Controllvers. nach Misch. d. Mageninh. m. Wasser ergibt auch 50 proc. Lösg.
17	„	45	54	0,09	7,5	intensiv rotbr.	36	Schlecht gekaut. Controllversuch 37 proc. Lösung.
18	„	20	42	0,03	8,0	blaurot	52	
19	„	60	76	0,20	2,2	rotbraun	33	Controllversuch 24 proc. Lösung.
20a	„	5	10	—	16,1	blaurot	63	Ein Versuch; schlecht gekaut.
20b	„	60	82	0,20	3,7	rotbraun	19	
21a	„	20	26	—	26,8	„	69	Ein Versuch; gut gekaut.
21b	„	60	86	0,15	7,1	„	42	
24	Wiedemann	80	74	0,17	4,3	blaurot	81	
26a	„	5	18	—	10,0	intens. blaurot	57	Ein Versuch.
26b	„	60	68	0,11	7,2	„	25	
27a	„	15	12	—	20,8	blaurot	69	Ein Versuch; unter Aufsicht langsam (10 min) gekaut.
27b	„	50	50	0,09	6,4	rotbraun	32	
28a	„	15	38	0,02	7,0	blau	25	Ein Versuch; unter Aufsicht rasch (5 min) gekaut:
28b	„	50	68	0,13	5,2	schwach rotbr.	25	
29a	„	25	54	0,11	6,5	blaurot	43	Ein Versuch; unter Aufsicht langsam (15 min) gekaut.
29b	„	40	70	0,19	3,3	„	36	
30a	„	25	60	0,08	7,9	„	36	Ein Versuch; unter Aufsicht rasch (7 min) gekaut.
30b	„	40	78	0,18	4,8	„	26	
31a	„	5	16	—	16,4	„	50	Ein Versuch; unter Aufsicht langsam (15 min) gekaut.
31b	„	60	80	0,24	0,4	rotbraun	9	
33a	„	5	10	—	5,0	blaurot	7	Ein Versuch; unter Aufsicht rasch (5 min) gekaut.
33b	„	60	66	0,18	0,9	schwach rotbr.	57	

Tabelle I.

b) Kranke.

Vers.-No.	Name	Krankheit	Expression nach Minuten	Acidität (Indik. Phenolphtal.)	Freie Salzsäure (Günzburg) %	Rechtsdrehung als % Dextrose	Jod-Reaktion	% gel. Stärke	Bemerkungen
4	Ziegler	Ulcus ventriculi	35	26	—	13,6	?	59	
4a	„	„	35	26	—	13,6	—	60	Controllanalyse.
5	Sachs	„	40	59	0,10	4,6	intens. rotbr.	61	
5a	„	„	40	59	0,10	4,6	„	62	Controllanalyse.
12	Adler	Dyspepsia nervosa	45	58	0,12	5,2	blaurot	47	
13	Roth	Circumscripte Bronchopneumonie, secund. Dyspepsie	45	72	0,19	2,3	schwach rotbr.	54	Controllversuch nach Mischung d. Mageninhalts mit Wasser ergibt 63 proc. Lösung.
23	Seyfert	Ulcus ventriculi mit Superacidit.	45	88	0,20	2,9	intens. rotbr.	29	
25	Strauss	leichte chron. Enteritis	50	72	0,11	6,9	—	81	
38	Goldbach	Dyspepsia nervosa	50	44	0,09	4,2	blaurot	61	
7	Kratz	Carcinoma ventriculi	30	30	—	10,7	intens. rotbr.	60	
8	Vergho	„	30	9	—	11,0	—	88	
32	„	„	60	10	—	9,0	—	91	
34	Hochreim	„	50	20	—	14,6	schwach rotbr.	86	Milchsäure-Reaktion stark positiv.

welchem das P. F. sehr rasch gekaut worden war, und sich in dem sofort nach Genuss exprimierten Chymus nur 7% gelöst fanden, während nach 60 min 57% gelöst waren.

Diese Thatsache, dass die höchsten Werte sich sofort nach Genuss des Brotes finden, erhält ihre Erklärung aus dem Umstande, dass, wie schon oben erwähnt, der Magen vermöge seiner elektiven Fähigkeit gelöste Nahrungsstoffe rascher in den Darm weiter gibt als die noch ungelösten. Jedenfalls beruhen diese Differenzen nur zum geringsten Teile auf einer Resorption der gelösten Kohlehydrate von der Magenwand aus.

Ein zweites Moment, wodurch die Resultate so sehr differierten, ist die Intensität des Kauens. Bei Hensay's Breiversuchen konnte von einem Kauakte wohl überhaupt nicht die Rede sein. Dass aber ein mehr oder weniger intensives Kauen von Einfluss auf den Umfang der Amylolyse ist, konnten wir durch unsere Versuche feststellen. Wir haben mehrere Male von derselben Versuchsperson an dem einen Tage das Frühstück sehr langsam geniessen lassen, um den Kauakt möglichst intensiv zu gestalten, am nächsten Tage musste dann das Brot möglichst rasch genossen werden. Die auf diese Weise erhaltenen Resultate mögen nochmals im Zusammenhange in nachfolgender Tabelle angeführt werden.

Tabelle II siehe Seite 19.

Der günstige Einfluss des Kauens auf die Amylolyse ist in allen Versuchen mit Ausnahme des Versuches 33a, 33b, der schon oben wegen seiner Ausnahmestellung erwähnt wurde, unverkennbar. An dem ausgepressten Chymus war immer schon sofort zu erkennen, ob gut oder schlecht gekaut worden war. Während bei gut gekautem Brot das Exprimierte mehr einen Brei darstellte, in dem sich nur langsam die gröberen Stückchen zu Boden senkten, enthielt der Speisebrei nach rasch genossenem P. F. grössere und festere Stückchen Brod, die sich sehr rasch zu Boden setzten. Wie schon oben gesagt, kommt der durch das Exprimieren bedingte Versuchsfehler bei sorgfältigem Kauen wenig oder gar nicht in Betracht; bei flüchtigem Kauen machten mehrmals dagegen die grösseren Stückchen bei der Expression Schwierigkeiten, sie verstopften das Sondenfenster, obwohl die grösste

Tabelle II.

Gut gekaut				Schlecht gekaut			
Vers. No.	Dauer des Kauens (in min)	Zeit der Expression (nach min)	Procent gelöste Kohlehydrate	Vers. No.	Dauer des Kauens (in min)	Zeit der Expression (nach min)	Procent gelöste Kohlehydrate
21a	?	20	69	20a	?	5	63
21b	?	60	42	20b	?	60	19
27a	10	15	69	28a	5	15	25
27b	10	50	32	28b	5	50	25
29a	15	25	43	30a	7	25	36
29b	15	40	36	30b	7	40	26
31a	15	5	50	33a	5	5	7
31b	15	60	9	33b	5	60	57
39	15	15	94	37	5	10	88

Sondennummer (Jaques Patent No. 23) dazu verwendet worden war, und die Sonde musste von neuem eingeführt werden. So ist es nicht unwahrscheinlich, dass bei schlechtem Kauakt im Verhältnis zu den ungelösten Kohlehydraten zu viel gelöste exprimiert wurden, dass also die gefundenen Werte etwas zu hoch sind. Es würden somit die Differenzen in dem Umfang der Amylolyse bei schlechtem und gutem Kauen möglicherweise noch etwas grösser sein, als wir zahlenmässig feststellten.

Was nun den Einfluss der Acidität des Mageninhaltes auf die Verdauung der Kohlehydrate betrifft, so muss man, um einen Ueberblick zu gewinnen, vor allem auch verschiedene andere Punkte in Berücksichtigung ziehen, und zwar die Intensität des Kauens und die Zeit der Expression. Bei derartig gezogenen Vergleichen ist die Thatsache unverkennbar, dass, wie auch zu erwarten war, eine stärkere Säureabscheidung die Brotverdauung herabsetzt. Hensay hatte bei seinen Breiversuchen einen Einfluss der Acidität nicht feststellen können, er hatte bei einem Versuche mit 11 Gesamtacidität 60 % Kohlehydrate, bei einem zweiten mit 71 Gesamtacidität 73 % gelöst gefunden. Wir fanden dagegen die höchsten Prozentzahlen für Stärkeverdauung bei Individuen mit mangelhafter Säuresekretion. Die an Hock gemachten Versuche, der starke Subacidität zeigte, dabei aber keine Verdauungsstörungen hatte, ergaben sehr hohe Werte, selbst im Falle, wo das P. F. rasch gekaut worden war, waren 88 % gelöst worden (Vers. 37). Andererseits haben aber auch manche Versuche dargethan, dass eine reichliche Säureproduktion durchaus nicht eine gute Stärkeverdauung ausschliesst (Vers. 20, 21). Das ist wohl so zu erklären, dass es dabei nicht auf die absolute Menge der abgeschiedenen Säure ankommt, sondern darauf, wie rasch ein die Ptyalinwirkung hemmender Säuregrad erreicht wird. Dieser beträgt nach den Untersuchungen von Müller und Weinstein etwa 0,025 % freie Salzsäure. Wie aber schon oben auseinandergesetzt, haben die Resultate von Müller und Weinstein, sowie von Lehmann und Gaudenz gezeigt, wie ausserordentlich rasch das diastatische Ferment wirkt. Meine Versuche haben das Gleiche bewiesen. Wird aber erst z. B. nach 20 min soviel freie Salzsäure abgeschieden (Gamgee [1]) schätzt

[1]) Gamgee, Physiol. Chemie der Verdauung, 1897. S. 174.

das Stadium amylolyticum auf 20—40 min), so ist die Stärkeverdauung im Ganzen schon abgeschlossen, jedenfalls wird dieselbe in ihrem Umfange nicht mehr wesentlich beeinflusst. Etwas anders werden natürlich die Verhältnisse liegen, wenn Superacidität resp. Supersecretion vorliegt. Hier wird schon, ehe die Amylolyse einen bedeutenden Grad erreicht hat, die Wirkung des Ptyalins unterbrochen, der Umfang der Amylolyse ist also entschieden niedriger als bei gesundem Magen. Zu dem gleichen Resultat gelangen Strauss [1]) und Schüler [2]). Sonstige Unterschiede zwischen gesundem und krankem Magen in Bezug auf die Kohlehydratverdauung haben unsere Versuche an Kranken nicht ergeben.

Durch unsere Untersuchungen kamen wir zu dem Ergebnisse, dass der Mundspeichel eine viel grössere Bedeutung für die Verdauung des Amylums hat, als man seither annahm. Während man glaubte, dass der Abbau der Kohlehydrate fast ausschliesslich durch das diastatische Ferment des Pankreassaftes zu Stande käme, haben unsere Versuche dargethan, dass das Ptyalin des Mundspeichels durchschnittlich weit über die Hälfte der genossenen Kohlehydrate in resorbierbare Form überführt, also verdaut. In letzter Zeit scheint auch Robertson [3]) zu demselben Schlusse gelangt zu sein.

In den wenigen Fällen, in denen die Amylolyse geringeren Umfang erreichte, war entweder mangelhaftes Kauen oder zu rasche HCl-Sekretion anzuschuldigen. Was ersteres betrifft, so war relativ wenig Ptyalin überhaupt abgeschieden oder mit den Speisen nicht innig genug vermischt worden, im zweiten Falle wurde das Ptyalin rasch zerstört und konnte so seine volle Wirkung nicht entfalten.

[1]) Straus, Zeitschrift für klin. Medizin. Bd. 29, 1896.

[2]) Schüler, die semiotische Bedeutung der Kohlehydratverdauung für d. Diagnostik d. Hyperaciditas gastrica. Deutsche med. Wochenschr. 1900. No. 19.

[3]) W. G. A. Robertson, die Thätigkeit des Speichels bei Krankheiten. Journal of Bakteriology and Pathology, Dec. 1900. Ref. Münch. med. Wschr. 1901 No. 15:

„Dass viel zu wenig bekannt ist, wie überaus kräftig die convertierende Wirkung des Ptyalins ist; eine verhältnismässig enorme Menge von Stärke wird vom Ptyalin in Zucker verwandelt; im normalen Zustande wird daher stärkemehlhaltige Nahrung schon im Magen sehr gründlich verdaut".

Wir hatten bei unseren Versuchen auch regelmässig den filtrierten Mageninhalt auf rechtsdrehende Substanz, ausgedrückt in % Dextrose, untersucht, ebenso war immer die Jodprobe gemacht worden und zwar, weil andere Untersucher geglaubt hatten, durch diese einfach anzustellenden Proben einen für klinische Zwecke genügenden Einblick in den Umfang der Amylolyse gewinnen zu können. Es war daher uns von Interesse, den Ausfall der beiden Proben mit unseren Resultaten zu vergleichen. Eine Uebereinstimmung konnte jedoch in beiden Fällen nicht konstatiert werden.

Was die Jod-Stärkeprobe betrifft, so hatte man von einer Blau- resp. Rotfärbung des Filtrates auf eine ungenügende und mangelhafte Stärkeverdauung, bei mangelnder Färbung auf eine gute Amylolyse geschlossen. Zwar konnten wir feststellen, dass oft bei starker Säuresekretion und geringer Stärkeverdauung die Jodprobe intensiv blau oder rotbraun ausfiel, jedoch war dieses Verhalten durchaus nicht konstant; so wurde auch starke Jodfärbung noch gefunden, wenn schon über 50 % Stärke gelöst waren (Vers. 20a, 21a, 24, 26a, 37 u. s. w.). Ebenso konnten auch keine bestimmten Beziehungen zur HCl-Sekretion konstatiert werden. Die höchsten Werte für Stärkeverdauung (s. die Versuche mit Hock) gingen allerdings mit geringer Säureproduktion und mit schwacher oder gar keiner Jodfärbung einher. Für den geringen Wert der Jodprobe zur Beurteilung der Stärkeverdauung spricht auch die Ueberlegung, dass, wenn z. B. in der Hauptsache schon Achroodextrin und Maltose gebildet ist und nur mehr ganz geringe Mengen von Erythro- oder Amylodextrin vorhanden sind (man muss wohl annehmen, dass bei der Stärkeverdauung nicht alle Kohlehydrate gleichmässig rasch in Dextrin und Maltose übergeführt werden), die Jodstärkeprobe infolge ihrer ausserordentlichen Feinheit ein vollkommen falsches Bild von der stattgehabten Stärkeverdauung gibt.

Zwischen dem Ausfall der Polarisationsprobe und unsern Resultaten konnten ebenfalls keine bestimmten Beziehungen entdeckt werden. Was theoretisch schon von vornherein gegen die Polarisationsprobe einzuwenden ist, wurde oben klargelegt. Nach-

folgende kleine Tabelle möge ebenfalls zeigen, dass es nicht angängig ist, aus dem Grade der Rechtsdrehung auf die Menge der gelösten Kohlehydrate schliessen zu wollen.

Tabelle III siehe Seite 24.

Wenn ich nochmals kurz die Resultate zusammenfassen soll, so liessen sich dieselben etwa in folgenden Sätzen präcisieren:

I.

Von den im Brot genossenen Kohlehydraten werden unter normalen Verhältnissen 50—70 % während der Mund- und Magenverdauung in gelöste Form übergeführt.

II.

Bei Sub- resp. Inacidität können bis zu 90 %, in einzelnen Fällen bis zu 100 % gelöst werden.

III.

Eine starke Säureproduktion hat nicht notwendigerweise eine Aufhebung oder Verminderung der Amylolyse zur Folge; von Bedeutung ist hiebei die Schnelligkeit, mit der ein die Ptyalinwirkung hemmender Säuregrad erreicht wird.

IV.

Die Intensität des Kauens ist für den Umfang der Stärkeverdauung von günstigem Einfluss.

V.

Die höchsten Werte für gelöste Kohlehydrate finden sich kurz nach dem Hinabschlingen des Brotes. Später finden sich beim gleichen Versuch niedrigere Werte, weil der Magen vermöge seiner elektiven Fähigkeit Flüssigkeiten schneller als feste Massen in den Darm entleert.

VI.

Der Ausfall der Jodprobe und die Rechtsdrehung des Filtrates sind zur Beurteilung der Amylolyse nicht geeignet.

Tabelle III.

Vers.-No.	Rechtsdrehung in % Dextrose	%-Gehalt an gelöster Stärke
22	10	100
9	11	88
35	13	84
15	16	54
20a	16	63
21a	27	69
39	6	94
24	4	81
16	2	50
19	2	33

Zum Schlusse möchte ich noch der angenehmen Pflicht genügen, Herrn Privatdozenten

Dr. J. Müller

sowohl für die Anregung zur Bearbeitung der vorliegenden Frage und für die stete freundliche Unterstützung mit Rat und That, als auch für die Liebenswürdigkeit, mit der er mir die Mittel seines Laboratoriums zur Verfügung stellte, meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Ebenso gestatte ich mir, meinem verehrten Lehrer Herrn Geheimrat

Prof. Dr. v. Leube

für die gütige Uebernahme des Referates verbindlichst zu danken.

Lebenslauf.

Ich, Hermann Dauber, bayerischer Staatsangehörigkeit, bin geboren am 28. Oktober 1876 zu Rehborn (Rheinpfalz) als Sohn des prot. Pfarrers Carl Dauber in Rehborn. Nach Besuch der Volksschulen zu Ernstweiler und Zweibrücken und der Gymnasien zu Zweibrücken und Kaiserslautern erwarb ich mir an letzterem Gymnasium das Reifezeugnis im Juli 1896 und bezog im Oktober desselben Jahres die Universität zu Würzburg, wo ich bis zum Ende des Sommer-Semesters 1898 blieb. Im Winter-Semester 1898/99 war ich in München immatrikuliert und genügte dort zu gleicher Zeit meiner Militärpflicht. Im Sommer-Semester 1899 hörte ich an der Universität Kiel und bezog im Winter 1899/1900 wieder die Universität Würzburg. Hier unterzog ich mich auch der ärztlichen Staatsprüfung und wurde am 18. Juni 1901 als Arzt approbiert. Vorstehende Dissertation habe ich unter Leitung des Herrn Privatdozenten Dr. Johannes Müller verfasst.